

ALAMBIQUE N° 20

pp. 17—27 • abril 1999

¿Cómo evaluar si se «hace» ciencia en el aula?**Daniel Gil Pérez Joaquín Martínez Torregosa**

Como introducción comentaremos el título de este artículo —sugerido por la coordinadora del monográfico, Maria Pilar Jiménez Aleixandre— que, como veremos, está cargado de significados en los que hay que detenerse para dar una concepción preliminar del contenido de este trabajo.

En primer lugar conviene notar el interés que dicho título expresa implícitamente por que «se haga ciencia» en el aula. Es un interés que los autores de este trabajo comparten plenamente (Gil y otros, 1991) y que responde, como afirma Hodson, a lo que la investigación didáctica ha mostrado fundamentadamente:

Los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más acerca de la naturaleza de la ciencia cuando participan en investigaciones científicas, con tal de que haya suficientes oportunidades y apoyo para la reflexión (Hodson 1992).

No se trata, pues, de proponer que los alumnos hagan ciencia «en vez de» (o «además de») aprender los conocimientos científicos, sino como la forma más adecuada de que aprendan dichos conocimientos. Tampoco se pretende que los alumnos hagan ciencia como científicos que trabajan en la frontera del saber, sino de que, como señala Hodson, «participen en investigaciones científicas», contando, claro está, con dirección y apoyo (como los investigadores noveles). Ésta es la idea que subyace en las propuestas de aprendizaje como investigación que, con diferentes matices, está abriéndose camino para hacer frente a los graves problemas de la educación científica (Gil y otros, 1991; Hodson, 1992; Porlán, 1993; Duschl, 1995; Jiménez Aleixandre, 1996).

Pero, más allá de ese interés, el título propuesto muestra también una preocupación (¿Cómo evaluar si se hace ciencia?), reconociendo, así, implícitamente, que hacer ciencia en el aula no es algo tan obvio ni tan común. Es significativo a este respecto, y debe destacarse, que en un monográfico sobre el trabajo científico en el aula, sólo se destine uno de cuatro artículos a la evaluación. Hay que recordar que la atención prestada a la evaluación desde la didáctica de las ciencias, ha sido realmente escasa hasta hace poco, hasta el punto de que, como señala Tamir (1998) en el recientemente publicado *International Handbook of Science Education*, si dicho Handbook se hubiera publicado hace 10 años, no hubiera contenido una sección dedicada a la evaluación.

La situación, sin embargo, ha comenzado a cambiar desde finales de los años ochenta y hoy la evaluación está recibiendo una atención prioritaria en didáctica de las ciencias (véase, por ejemplo, los monográficos publicados por *Alambique*, en su número 4, de 1995, y por *Investigación en la Escuela*, en el número 30, de 1996). Concretamente, los investigadores han llamado la atención sobre la necesidad de acompañar las innovaciones curriculares de cambios similares en la evaluación, pues, en caso contrario, las innovaciones no pueden consolidarse (Jinn, 1987). Poco importan, en efecto, las innovaciones introducidas o los objetivos enunciados: si la evaluación sigue consistiendo en ejercicios para constatar el grado de retención de algunos conocimientos conceptuales, éste será para los alumnos el verdadero objetivo del aprendizaje.

No basta, pues, con elaborar y aplicar propuestas para introducir el trabajo científico en el aula: es preciso evaluar dichas propuestas, es decir, ver hasta qué punto conducen realmente a «hacer ciencia» y, sobre todo, qué intervenciones son adecuadas para lograrlo. Ello exige ir más allá de la evaluación de la actividad de los estudiantes y analizar si las propuestas de los docentes son coherentes con las características de la actividad científica (sin lo cual resulta impensable que los estudiantes puedan hacer ciencia). De nuevo aquí el título propuesto para este artículo resulta esclarecedor: no limita la atención —como desgraciadamente es habitual— a la evaluación de los estudiantes, sino que plantea, de forma genérica, cómo evaluar si se hace ciencia en el aula, asumiendo así que las disfunciones en el proceso de enseñanza/aprendizaje no son atribuibles exclusivamente a dificultades de los estudiantes.

Precisamente, en el tema que aquí nos ocupa, es decir, en lo que respecta a la actividad científica, la investigación ha mostrado que los profesores tenemos concepciones sobre lo que constituye el trabajo científico que incurren en graves reduccionismos y deformaciones. Es preciso, pues, detenerse en clarificar los criterios que permitan distinguir si se está facilitando el trabajo científico o si se está promoviendo una imagen distorsionada de lo que es hacer ciencia. Centraremos, pues, nuestros análisis en la evaluación en la actividad de los docentes, es decir, en la forma en que orientamos el trabajo en el aula.

La dificultad de evaluar si se hace ciencia en el aula

Podría pensarse que resulta relativamente sencillo constatar si los profesores promovemos que los estudiantes desarrollen una actividad con características próximas al trabajo científico o si, por el contrario, contribuimos a unas concepciones y actividades que distorsionan lo que supone hacer ciencia. Se trataría simplemente de elaborar una red de análisis que recoja los aspectos clave de la actividad científica y de utilizar dicha red para evaluar las propuestas de los libros de texto que se manejan y, más directamente, la actuación de los profesores en el aula.

El problema estriba, sin embargo, en que hacer ciencia no se ajusta a ningún «método» preciso, a ningún algoritmo de etapas claramente definidas. El consenso general entre los estudiosos de la naturaleza del trabajo científico es, precisamente, que la esencia de la orientación científica —lejos de toda idea de «método»— se encuentra en el cambio de un pensamiento y acción basados en las «evidencias» del sentido común, a un razonamiento en términos de hipótesis, a la vez más creativo (es necesario ir más allá de lo que parece evidente e imaginar nuevas posibilidades) y más exigente (es necesario fundamentar y después someter a prueba, cuidadosamente, las hipótesis, dudar del resultado y buscar la coherencia global).

Se dibuja, así, una imagen imprecisa, nebulosa, de la metodología científica, lo que dificulta, sin duda, una evaluación sencilla de dicha actividad. Hodson advierte, a este respecto, de cómo la preocupación obsesiva por evitar la ambigüedad y asegurar la fiabilidad de las evaluaciones, distorsiona la naturaleza misma del trabajo científico, esencialmente difuso, incierto e intuitivo. La evaluación, señala Hodson, debería tener en cuenta dicha ambigüedad, no intentar eliminarla. Ello no quiere decir, sin embargo, que no existan criterios para distinguir entre lo que supone hacer ciencia y lo que no puede considerarse como tal. Así, por ejemplo, cualquier intento de **ahormar** la actividad de los estudiantes a un algoritmo rígido puede ser caracterizado como algo

que se aleja de lo que supone hacer ciencia, construir conocimientos científicos, para lo cual, se aleja de lo que supone promover un aprendizaje realmente significativo de dichos conocimientos.

Quizás una buena forma de analizar si lo que hacemos en el aula promueve o no que se haga ciencia, estribé, precisamente, en tener en cuenta los reduccionismos y deformaciones en los que se suele incurrir y valorar hasta qué punto los evitamos. Podemos recurrir para ello a recopilar las principales distorsiones de la actividad científica denunciadas por los epistemólogos e investigadores en didáctica de las ciencias. Ofreceremos esa recopilación en el siguiente apartado. Antes quisiéramos proponer a los lectores y lectoras de este trabajo que realicen un esfuerzo de explicitación sobre cuáles pueden ser las concepciones erróneas del trabajo científico en las que la enseñanza de las ciencias puede incurrir y a las que se debe prestar atención para evitar su transmisión explícita o implícita (a través, por ejemplo, de aquello que se evalúa).

Pretendemos con ello salir al paso de valoraciones incorrectamente pesimistas sobre la capacidad de los docentes para orientar la actividad científica de los estudiantes. En efecto, si bien es cierto que, como está mostrando una abundante investigación, los profesores solemos tener concepciones acerca de la ciencia que constituyen serios obstáculos, ello es el fruto, principalmente, de una impregnación ambiental que no se ha analizado críticamente y que se acepta, pues, de forma irreflexiva. Según esto no debería resultar difícil generar una reflexión «descondicionadora» que ponga en cuestión visiones ingenuas acerca de la ciencia (que los medios de comunicación, a menudo, transmiten y refuerzan) mostrando sus insuficiencias. Estamos convencidos, en efecto, de que incluso una simple reflexión como la que hemos propuesto permite sacar a la luz bastantes de las deformaciones señaladas en la literatura, cuestionando, así, la habitual distorsión de la actividad científica en la evaluación y en la misma enseñanza. Presentamos, a continuación, un resumen de los principales reduccionismos y deformaciones detectados por la investigación, con objeto de que cada cual los coteje con su propia reflexión y de contribuir, así, a elaborar criterios para evaluar si se hace o no ciencia en el aula y actuar en consecuencia.

Posibles visiones deformadas acerca de la ciencia

La recopilación de deformaciones que presentamos aquí es fruto de una somera revisión de los tópicos más comunes transmitidos por los medios de comunicación acerca de la ciencia y los científicos, así como de un análisis detenido de los estudios realizados por los epistemólogos e investigadores en didáctica de la ciencia. Somos conscientes, sin embargo, de que esta “disección» es bastante arbitraria, puesto que no nos encontramos ante ideas sueltas sino que —al igual que ocurre con las <concepciones alternativas» de los estudiantes- se apoyan mutuamente, formando un auténtico esquema conceptual. Merece la pena, pese a todo, proceder a esta presentación «analítica», que puede facilitar, pensamos, las acciones correctoras tendientes a lograr que la actividad en el aula se aproxime a lo que significa «hacer ciencia». Pasamos, pues, a presentar estas posibles deformaciones.

Visión empirista y ateórica

Es, quizás, la concepción que ha sido más criticada por los epistemólogos. Resalta el papel de la observación y de la experimentación «neutras» («no contaminadas por ideas apriorísticas»), olvidando el papel esencial de las hipótesis y de la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos (teoría). En palabras de Hempel (1976),

al conocimiento científico no se llega aplicando un procedimiento inductivo de inferencia a datos recogidos con anterioridad, sino más bien mediante el llamado método de las hipótesis a título de intentos de respuesta a un problema en estudio y sometiendo luego éstas al contraste empírico.

Son las hipótesis, pues, las que orientan la búsqueda de datos. Unas hipótesis que, a su vez, nos remiten al paradigma conceptual de partida, poniendo de nuevo en evidencia el error de los planteamientos empiristas.

Se incide particularmente en esta visión ateorica cuando se presenta el aprendizaje de la ciencia como una cuestión de descubrimiento o —como algunos han preconizado- se reduce a la práctica de los procesos con olvido de los contenidos. Cabe decir, sin embargo, que pese a esta importancia dada (verbalmente) a la observación y experimentación, en general la enseñanza es puramente «libresca» (lo que no quiere decir «teórica» en el sentido literal del término), sin apenas trabajo experimental. Ello favorece que la experimentación conserve para profesores y alumnos el atractivo de una «revolución pendiente».

Visión rígida (algorítmicas «exacta», infalible...)

Se presenta el «método científico» como un conjunto de etapas a seguir mecánicamente. Se resalta, por otra parte, lo que supone tratamiento cuantitativo, control riguroso, etc., olvidando -o, incluso, rechazando- todo lo que significa invención, conjetura, creatividad, duda...

En el polo opuesto de esta visión rígida y dogmática de la ciencia como descubridora de «la verdad contenida en los hechos», se presenta, mucho más raramente, un relativismo extremo, tanto metodológico («todo vale», no hay estrategias específicas en el trabajo científico) como conceptual (no hay una realidad objetiva que permita contrastar la validez de las construcciones científicas: la única base en la que se apoya el conocimiento es el consenso de la comunidad de investigadores en ese campo).

Visión aproblemática y ahistórica (ergo dogmática)

Se transmiten conocimientos ya elaborados, sin mostrar cuáles fueron los problemas que generaron su construcción, cuál ha sido su evolución, las dificultades, etc., ni mucho menos aún, las limitaciones del conocimiento actual o las perspectivas abiertas.

Visión exclusivamente analítica

Resalta la necesaria parcialización de los estudios, su carácter acotado, simplificadorio, pero olvida los esfuerzos posteriores de unificación y de construcción de cuerpos coherentes de conocimientos cada vez más amplios, el tratamiento de problemas «frontera» entre distintas dominios que pueden llegar a unirse, etc.

De hecho, una de los fines más importantes de la ciencia estriba en la vinculación de dominios aparentemente inconexos. En efecto, en un mundo donde lo primero que se percibe es la existencia de una gran diversidad de materiales y de seres, sometidos a

continuos cambios, la ciencia busca establecer leyes y teorías generales que sean aplicables al estudio del mayor número posible de fenómenos. La teoría atómica-molecular de la materia, la síntesis electromagnética, los principios de conservación y transformación, los esfuerzos que se realizan para unificar los distintos tipos de interacción existentes en la naturaleza, etc., son buenos ejemplos de esa búsqueda de coherencia y globalidad, aunque ella se deba realizar partiendo de problemas y situaciones particulares inicialmente muy concretos.

Contra esta visión parcializada, se han elaborado propuestas de enseñanza integrada de las ciencias que suelen tomar la unidad de la materia como punto de partida, olvidando que el establecimiento de dicha unidad constituye una conquista reciente y nada fácil de la ciencia. Recordemos, por ejemplo, la fuerte oposición a las concepciones unitarias en astronomía (heliocentrismo), en biología (evolucionismo) o en química orgánica (síntesis orgánica).

Visión acumulativa, lineal

Los conocimientos aparecen como fruto de un crecimiento lineal, ignorando las crisis, las remodelaciones profundas (como las ya mencionadas: paso del geocentrismo al heliocentrismo, etc.). Se ignora, en particular, la discontinuidad radical entre el tratamiento científico de los problemas y el pensamiento ordinario.

Visión individualista

Los conocimientos científicos aparecen como obra de genios aislados, ignorándose el papel del trabajo colectivo, de los intercambios entre equipos... Se deja creer, en particular, que los resultados de un sólo científico o equipo pueden verificar o falsar una hipótesis.

El trabajo en el aula suele reforzar esta visión individualista con estructuras que dificultan los intercambios entre los estudiantes, etc.

Esta visión individualista se presenta, a menudo, asociada con concepciones elitistas.

Visión «velada», elitista

Se presenta el trabajo científico como un dominio reservado a minorías especialmente dotadas, transmitiendo expectativas negativas hacia la mayoría de los alumnos, con claras discriminaciones de naturaleza social y de género (la ciencia es presentada como una actividad eminentemente «masculina»).

Se contribuye también a este elitismo con los habituales tratamientos meramente operativos, que esconden la significación de los conocimientos tras el aparato matemático. No se realizan, pues, esfuerzos por hacer la ciencia accesible (comenzando con tratamientos cualitativos, significativos), ni por mostrar su carácter de construcción humana, en la que no faltan confusiones ni errores... como los de los propios alumnos.

Visión de «sentido común»

Está en el polo opuesto. Los conocimientos son presentados como claros, obvios, «de sentido común», olvidando que la construcción científica parte, precisamente, del cuestionamiento sistemático de lo obvio.

Visión descontextualizada, socialmente neutra

Se olvidan las complejas relaciones CTS y se proporciona una imagen de los científicos como seres »por encima del bien y del mal«, encerrados en torres de marfil y ajenos a las necesarias tomas de decisión. Como reacción puede caerse en una visión excesivamente sociologista de la ciencia que diluye completamente su especificidad, así como en planteamientos muy simplistas: exaltación de la ciencia como factor absoluto de progreso o rechazo sistemático (a causa de su capacidad destructiva, efectos contaminantes, etc.).

Éstas son las principales distorsiones de la actividad científica a las que suele hacerse referencia en la literatura. Conviene resaltar que, como se habrá podido constatar, van más allá de la ya tradicional crítica al carácter empirista de la imagen de la ciencia transmitida por la enseñanza y dirige su atención, globalmente, hacia otras deformaciones que se relacionan entre sí y se apoyan mutuamente.

En efecto, parece razonable, por ejemplo, que una visión individualista y elitista de la ciencia apoye implícitamente la idea empirista de »descubrimiento« y contribuya, además, a una lectura descontextualizada, socialmente neutra, de la actividad científica. Del mismo modo, por citar otro ejemplo, una visión rígida, algorítmica, exacta de la ciencia pueden reforzar una interpretación acumulativa, lineal del desarrollo científico, ignorando las crisis y las revoluciones científicas.

Esta consideración de las posibles deformaciones puede ayudar a evaluar hasta qué punto se hace ciencia en el aula, proporcionando criterios para intervenir adecuadamente. Es posible, en efecto, «traducir» los peligros señalados en propuestas positivas, convirtiendo, por ejemplo, la crítica a una visión individualista, en propuestas para potenciar la dimensión colectiva del trabajo científico. Proponemos, pues, a los lectores y lectoras la construcción de una red de análisis cuyos ítem correspondan a aquellos aspectos que debieran ser evaluados con objeto de favorecer que se haga ciencia en el aula y promover, de este modo, una construcción significativa de conocimientos.

En el apartado siguiente presentamos nuestra propia propuesta a este respecto.

Aspectos a evaluar para saber si se hace ciencia en el aula

El título de este apartado podría perfectamente haber sido «Aspectos a incluir en un currículo de ciencias para favorecer la construcción de conocimientos científicos» (es decir, para favorecer que se haga ciencia en el aula). En efecto, desde una concepción de la evaluación como instrumento de mejora del proceso de enseñanza/aprendizaje, es necesario extender dicha evaluación —es decir, el seguimiento y la retroalimentación- a toda aquello que se quiere conseguir, rompiendo con su habitual reducción a aquello que permite una medida más fácil y rápida. De acuerdo con ella, la red de análisis que proponemos ha de poder ser utilizada, fundamentalmente, como instrumento de regulación de nuestra propia acción docente, para evitar reduccionismos y

deformaciones que nos alejen de lo que supone hacer ciencia en el aula. Su elaboración ha estado presidida, en efecto, por la voluntad explícita de evitar las deformaciones discutidas en el apartada anterior.

Veamos, pues, los aspectos contemplados, que presentaremos, por razones de espacio, muy esquemáticamente.

- ¿Se proponen situaciones problemáticas abiertas (con objeto de que los estudiantes puedan tomar decisiones para precisarlas) de un nivel de dificultad adecuado (correspondiente a su zona de desarrollo potencial)?
- ¿Se favorece la reflexión sobre la relevancia y el posible interés de las situaciones propuestas que dé sentido a su estudio (considerando su relación con el programa general de trabajo adoptado, las posibles implicaciones CTS, etc.) y ayude a que las estudiantes se apropien del problema?
- ¿Se presta atención, en general, a potenciar las actitudes positivas y a que el trabajo se realice en un clima próximo a lo que es una investigación colectiva (situación en la que las opiniones, intereses, etc., de cada individuo cuentan) y no en un clima de sometimiento a tareas impuestas por un profesor «capataz»? ¿Se procura evitar toda discriminación (por razones étnicas, sociales...) y, en particular, el uso de un lenguaje sexista, transmisor de expectativas negativas hacia las mujeres?
- ¿Se plantean análisis cualitativos, significativos, que ayuden a comprender y a acotar las situaciones planteadas (a la luz de los conocimientos disponibles, del interés del problema, etc.) y a formular preguntas operativas sobre lo que se busca?
- ¿Se muestra, por otra parte, el papel esencial de las matemáticas como instrumento de investigación, que interviene desde la formulación misma de problemas al análisis de los resultados, sin caer en operativismos ciegos?
- ¿Se plantea la emisión de hipótesis, fundamentadas en los conocimientos disponibles, susceptibles de focalizar y orientar el tratamiento de las situaciones y de hacer explícitas, funcionalmente, las preconcepciones de los estudiantes?
- ¿Se presta atención, en ese sentido, a la actualización de los conocimientos que constituyan prerequisites para el estudio emprendido?
- ¿Se plantea la elaboración de estrategias (en plural) para la puesta a prueba de las hipótesis, incluyendo, en su caso, diseños experimentales, sin caer en proponer las típicas «recetas» para la realización del trabajo experimental?
- ¿Se pide la evaluación crítica de distintos diseños? ¿Se presta atención a la actividad práctica en sí misma (montajes, medidas...)?
- ¿Se potencia la incorporación de la tecnología actual a los diseños experimentales (ordenadores, electrónica, automatización...) con objeto de favorecer una visión más correcta de la actividad científico-técnica contemporánea?
- ¿Se plantea el análisis detenido de los resultados (su interpretación física, fiabilidad, etc.), a la luz del cuerpo de conocimientos disponible, de las hipótesis manejadas y/o de los resultados de otros autores?
- ¿Se plantea alguna reflexión sobre los posibles conflictos entre algunos resultados y las concepciones iniciales?
- ¿Se favorece la autorregulación del trabajo de los alumnos, su capacidad para reorientar su trabajo?
- ¿Se promueve que los estudiantes cotejen su evolución conceptual y metodológica con la experimentada históricamente por la comunidad científica?
- ¿Se plantea la consideración de posibles perspectivas (replanteamiento del estudio a otro nivel de complejidad, problemas derivados...)?

- . ¿Se consideran, en particular, las implicaciones CTS del estudio realizado (posibles aplicaciones, repercusiones negativas...)?
- . ¿Se pide la elaboración de «productos» (carteles, colecciones de objetos...) y, en particular, la elaboración de un dossier como memoria ordenada del trabajo realizado?
- ¿Se pide un esfuerzo de integración que considere la contribución del estudio realizado a la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos, las posibles implicaciones en otros campos de conocimientos, etc.?
- . ¿Se pide algún trabajo de construcción de síntesis, mapas conceptuales, etc., que ponga en relación conocimientos diversos?
- ¿Se presta la debida atención a la comunicación?
- . ¿Se plantea la elaboración de memorias científicas, que recapitulen el trabajo realizado?
- ¿Se pide la lectura y comentario crítico de textos científicos (o fragmentos)?
- ¿Se presta atención a la verbalización, solicitando comentarios significativas que eviten el «operativismo mudo»?
- ¿Se potencia la dimensión colectiva del trabajo científico organizando equipos de trabajo y facilitando la interacción entre los equipos y la comunidad científica (representada en la clase por el resto de los equipos, el cuerpo de conocimientos ya construido, los textos, el profesor como experto...)?
- ¿Se pone de manifiesto que los resultados de una sola persona o de un solo equipo no pueden bastar para verificar o falsar una hipótesis?
- ¿Se muestra el cuerpo de conocimientos disponible como la cristalización del trabajo realizado por la comunidad científica y la expresión del consenso alcanzado?
- ¿Se permite (y potencia) el manejo funcional del cuerpo de conocimientos (sin exigir memorizaciones irracionales)? ¿Se presta atención, en ese sentido, a que los prerequisites no se conviertan en obstáculo para las tareas propuestas?

Justificación final

Somos conscientes de habernos centrado exclusivamente en la evaluación de lo que los profesores hacemos (o dejamos de hacer) para favorecer que se haga ciencia en el aula. No hemos abordado, pues, cómo evaluar la actividad de los estudiantes a este respecto, qué instrumentos utilizar, cómo proceder a su calificación... El espacio disponible no permitía tratar todas estas cuestiones con un mínimo de profundidad y hemos optado, pues, por centrarnos en evaluar la orientación dada por las docentes al trabajo en el aula, como factor determinante para responder a la cuestión de si se hace o no ciencia.

Por lo que respecta a la evaluación de la actividad de los estudiantes nos remitimos a los numerosos trabajos centrados en la evaluación y calificación del aprendizaje, lo que, desde nuestro punto de vista, es equivalente a evaluar en qué medida los estudiantes construyen conocimientos científicos, es decir, hacen ciencia (Alonso, Gil y MartínezTorregrosa 1996).

Referencias bibliográficas

- ALONSO, M.; GIL, D.; MARTÍNEZ-JORREGROSA, J. (1996): «Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructivista de las ciencias» en *Investigación en la Escuela*, n. 30, pp. 15-26.
- DUSCHL, R. (1995): «Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual» en *Enseñanza de las Ciencias* vol. 13, n. 1, pp. 3-14.

GIL, D.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991): La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. Barcelona. Horsori.

HODSON, D. (1992): «In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education» en *International Journal of Science Education* vol. 14, n. 5, pp. 541-566.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, MP. (1996): *Dubidar poro aprender*. Vigo. Xerai.

LINN, M.C. (1987): «Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations» en *Journal of Research in Science Teaching* vol. 24, n. 3, pp. 191-216.

PORLAN, R. (1993): *Constructivismo y Escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla. DIADA.

TAMIR, P. (1998): «Assessment and evaluation in science education: opportunities to learn and outcomes» en Fraser B.J. y Tobin K.G (Eds.) *International Handbook of Science Education*. London. Kluwer Academic Publishers.